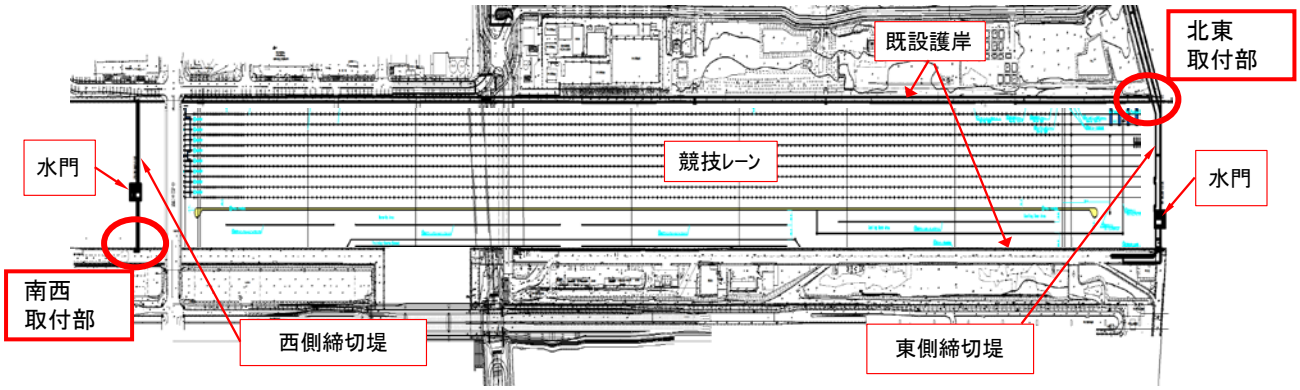
海の森水上競技場　締切・護岸取付部の遮水工の設計

大成建設株式会社　正会員　○大西　悠太
五洋建設株式会社　神出　壮一
西武ポリマ化成株式会社　津田　剛男

１．概要

東京 2020 大会のボート・カヌー（スプリント）会場となる海の森水上競技場（東京都）は，既存の中央防波堤埋立地にある幅 200mの水路の両端を，新設の締切堤で外海から遮断することによって静穏性を確保する．



図－1　海の森水上競技場　全体平面図

大会時には，場内水位を AP+2.10（当該地の H.W.L.）で一定に維持する計画のため，締切堤の内外では潮位変動による水位差（最大水位差は外海が L.W.L.時の 2.1m）が生じる．締切堤は鋼管矢板で，設計計算によると波浪時や地震時に数 10mm の水平変位が生じる．一方，既設護岸には，レベル 1 地震時に最大で 400mm を超える残留水平変位が生じることが動的応答解析により予測されている．また，一部の護岸では圧密や地震による沈下も予測されており，遮水工に鉛直方向のせん断が作用する．

従って，既設護岸と新設締切堤の取付部 4 箇所においては，これらの構造物の変位に追従できる遮水構造が必要となる．本報告では，この遮水工の計画，設計および実証実験の概要を紹介する．

２．遮水工の構造概要

取付部遮水工の構造イメージを図－2 に示す．遮水工は，海中および海面上では可撓性ゴム板，護岸マウンド部では既設の捨石内に注入した可塑性グラウトである．可撓性ゴム板には、後述の設計条件に対応できる既製品として西武ポリマ化成の FP500 を選定した．ゴムの耐用期間の不確実性を鑑み，万一の場合にも取替え工が極力容易にできるように，遮水工の周辺構造を計画した．

また，可塑性グラウトの注入範囲は，予想される取付部からの漏水量や施工性，経済性との兼ね合いで設定した．鋼管矢板や鋼矢板による遮水壁とのオーバーラップを 1m前後取っている．

３．可撓性ゴム板の検討

遮水工の可撓性ゴム板には，前述の構造物の変位による強制変位の作用に加え，競技場内外の水位差や外海の波浪による波力が面圧として作用する．これらの条件は 4 箇所の取付部で異なるが，可撓性ゴム板にとってクリティカルになったのは，表－1 に示す 2 ケースである．Case 1 は，レベル 1 地震や圧密沈下によって護岸に水平・鉛直の残留変位が生じた後に 50 年確率波を受ける場合を想定している．

ゴム板の設計計算では，薄肉円筒理論により算出した伸びひずみを 40%以下に抑えた．初期伸びひずみが

キーワード　遮水工，可撓性ゴム板，せん断，可塑性グラウト透水試験
連絡先　〒163-6009　東京都新宿区西新宿 6-8-1　大成建設株式会社東京支店土木部　ＴＥＬ03-5381-5447

© Japan Society of Civil Engineers

40%を超える荷重を持続載荷すると，クリープによる伸びの増加が収束しない傾向が見られるためである．

また，遮水性を確認する実証実験を行った．実験装置の概要を図－3 に示す．可撓性ゴム板を小判型の平面形状にエンドレス接合し，内部に注水して水圧を作用させた．実験では，表－1 に示す作用変位および水圧をそれぞれ 1.2 倍して 3 時間持続し，ゴム板やボルト接合部に異常や漏水が無いことを確認した．持続載荷中のゴム板表面の変位を画像解析により計測したところ，載荷当初は変位の増加が見られるが約 30 分でほぼ収束したため，ゴム板は安定した状況にあると判定できた．

	最大水圧 (kN/m^2)	水平変位 (mm)		鉛直変位差 (mm)
		護岸	締切	
Case 1　北東取付部 地震後の波浪時	50	-150	±33	187
Case 2　南西取付部 地震前の波浪時	40	0	±56	0

注：護岸の水平変位は、遊間が狭くなる方向がマイナス

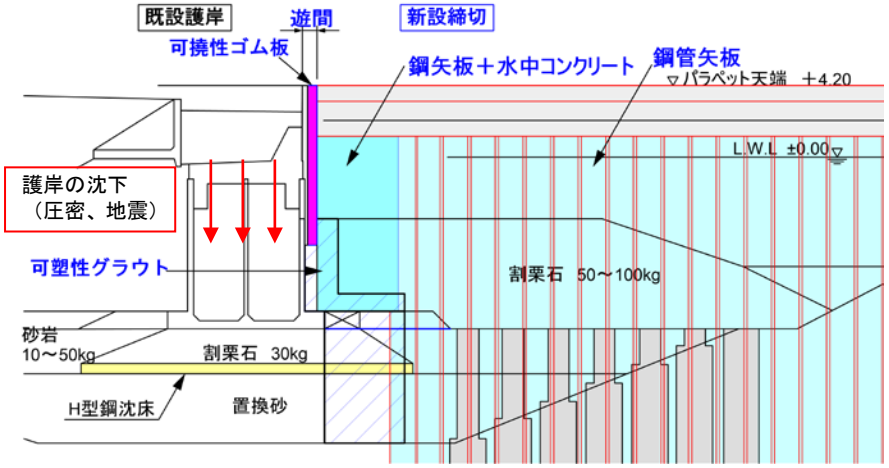
表－1　遮水工の検討ケース

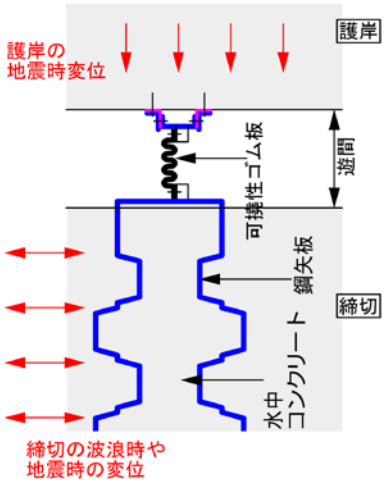
ゴム板をモデル化した 2 次元有限変位 FEM 解析も併せて行った．解析ソフトウェアは MSC-NASTRAN 2014 で，ゴム板の応力ひずみ関係は要素試験に基づき設定した．解析結果の一例として，Case 2 のゴム板の変位を図－4 に示す．実験変位と解析変位には幾分の相違が見られるが，解析は 2 次元であるのに対し，実験では平面的に小判型で直線区間が短いため 3 次元的な影響が現れていることが相違の主因と推察される．

4．終わりに

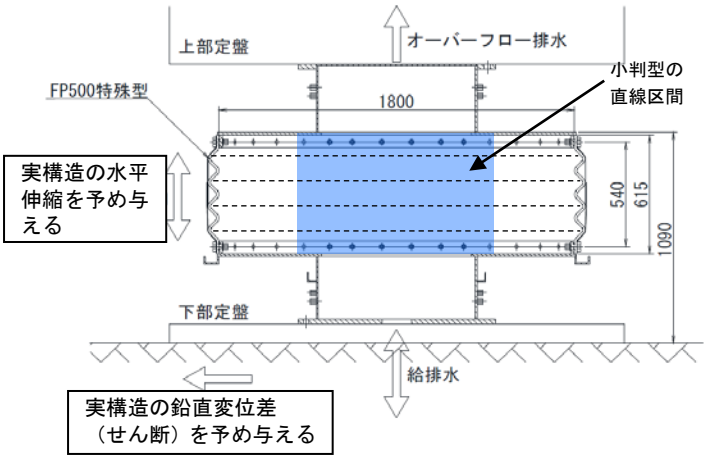
マウンド内の可塑性グラウトについては，実証実験では対象としなかったが，別途，現地の捨石材を採取して可塑性グラウトを注入した供試体で透水試験を行ったところ，透水係数は 2.70×10^{-4}cm/s であった．

遮水工の設計や実証実験では，本工事の発注者の東京都港湾局とアドバイザリーのパシフィックコンサルタンツ（株），清宮理・早稲田大学教授，小林昭男・日本大学教授，矢内栄二・千葉工業大学教授からご指導を賜りました．ここに深甚の謝意を表します．

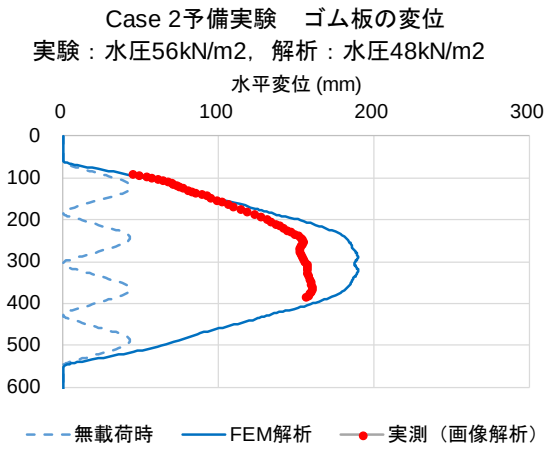




図－2　取付部遮水工のイメージ



図－3　実証実験供試体（側面図）



図－4　FEM 解析変位と実験変位の比較例

© Japan Society of Civil Engineers